

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6А. ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Цель работы: изучение принципа работы и основных характеристик неуправляемых одно- и двухполупериодных выпрямителей.

Краткие теоретические сведения

Для питания большинства электронных устройств требуется постоянное напряжение, а первичным источником является промышленная сеть переменного напряжения частотой 50 Гц. В этих случаях прибегают к выпрямлению переменного напряжения с помощью устройств, называемых выпрямителями.

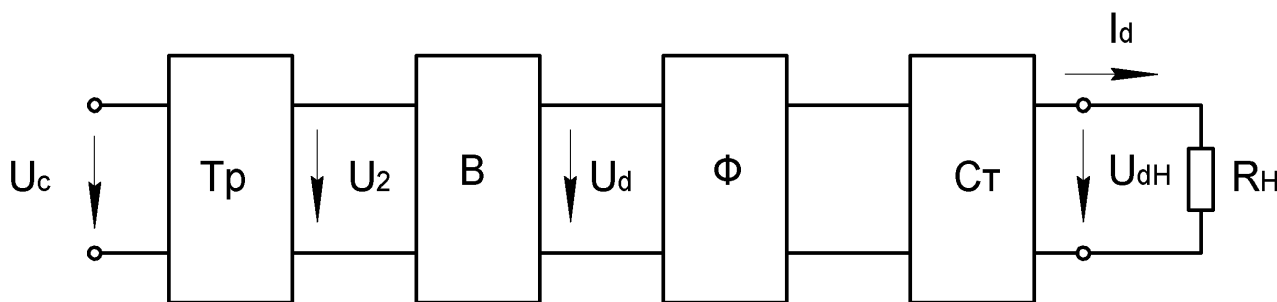


Рис. 1

На рис. 1 представлена функциональная схема однофазного источника питания. Основой его является выпрямитель B , выполненный на одном или нескольких диодах, соединенных по одно- или двухполупериодным схемам. Схема также включает трансформатор Tr , согласующий напряжение сети U_c с напряжением U_2 на входе выпрямителя; сглаживающий фильтр Φ для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения U_d ; стабилизатор $Ст$, обеспечивающий поддержание требуемой величины постоянного напряжения U_{dH} на нагрузочном устройстве R_H в условиях изменения напряжения сети и тока в R_H .

Работа выпрямителя характеризуется:

- средним значением выпрямленного напряжения U_d и тока I_d (в нагрузке);
- максимальным обратным напряжением $U_{m\text{ ОБР}}$;
- коэффициентом пульсации P и частотой f_n пульсаций выпрямленного напряжения;
- внешней характеристикой выпрямителя $U_d = F(I_d)$.

Выпрямленное напряжение на выходе выпрямителя пульсирует. Его можно представить в виде суммы постоянной и переменной составляющих. Постоянную составляющую напряжения (тока) называют средним значением $U_d(I_d)$.

Существуют однополупериодная и двухполупериодная однофазные схемы выпрямления. Однополупериодная схема выпрямления показана на рис. 2а, а

временные диаграммы тока i_H и напряжения u_H на нагрузочном устройстве R_H – на рис. 2б.

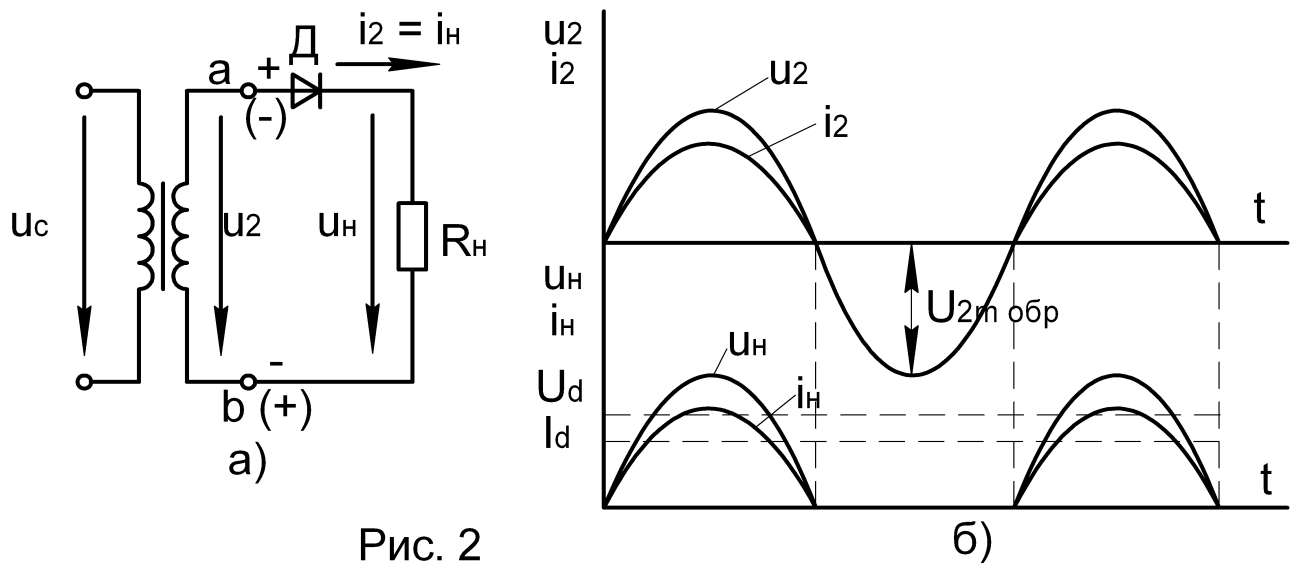


Рис. 2

б)

Рассмотрим работу схемы, считая диод Д идеальным; это означает, что его обратное сопротивление равно бесконечности, а прямое – нулю.

Ток i_H в нагрузочном резисторе R_H появляется только в те полупериоды напряжения u_2 , когда потенциал точки «а» вторичной обмотки трансформатора положителен по отношению к потенциалу точки «b», т.к. в этом режиме диод Д открыт. В этом случае напряжение на диоде практически равно нулю, а на нагрузочном резисторе $u_H = u_2$. В отрицательный полупериод u_2 к диоду приложено обратное напряжение u_2 ОБР, ток через него не протекает, а напряжение на нагрузочном резисторе равно нулю. Таким образом, при однополупериодном выпрямлении ток через нагрузочный резистор R_H протекает только в течение одного полупериода напряжения u_2 и имеет пульсирующий характер.

Наибольшее обратное напряжение на диоде равно амплитудному значению напряжения во вторичной обмотке трансформатора:

$$U_{2m \text{ ОБР}} = \pi U_d$$

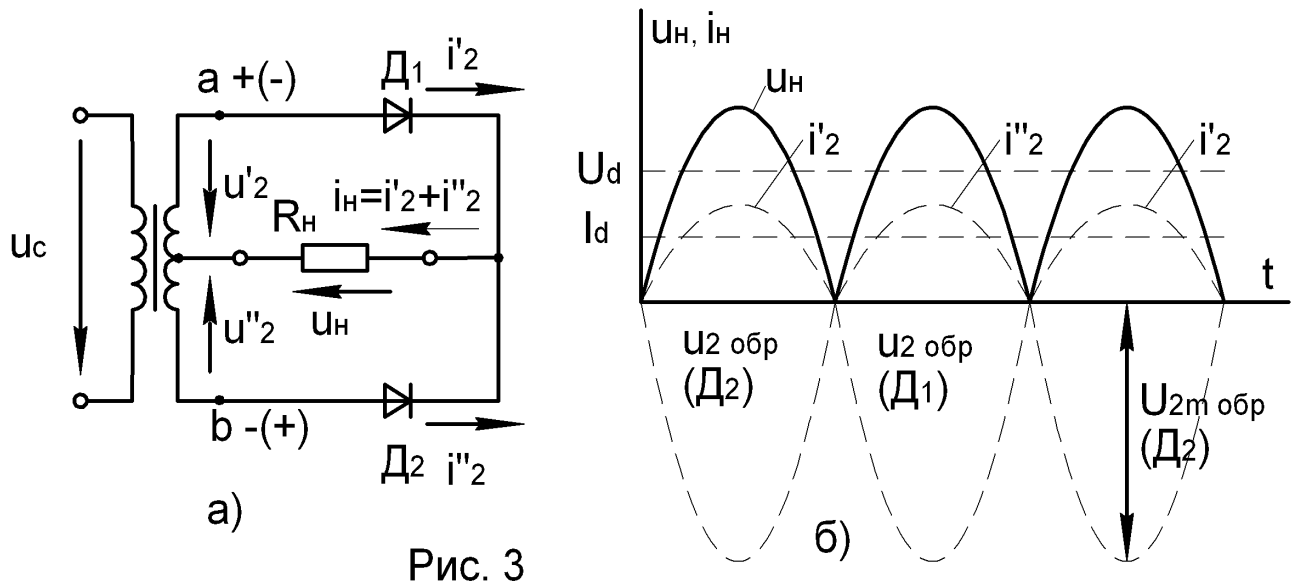


Рис. 3

постоянной составляющей выпрямленного тока – все эти недостатки ограничивают применение однополупериодной схемы выпрямления.

Двухполупериодная схема выпрямления с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора представлена на рис. 3а, а временные диаграммы напряжения u_n и тока i_n в нагрузочном резисторе R_n – на рис. 3б.

Два диода, D_1 и D_2 , присоединены анодами к концам вторичной обмотке трансформатора «а» и «б», а нагрузочный резистор R_n включается между общей точкой катодов и средней точкой вторичной обмотки трансформатора. В первый полупериод, когда «а» имеет положительный потенциал относительно средней точки «о», а «б» – отрицательный ток i'_2 протекает от «а» через D_1 и нагрузочный резистор R_n к точке «о». К диоду D_2 в это время приложено обратное напряжение $u_{2 \text{ обр}}$. В следующий полупериод «б» имеет положительный, а «а» – отрицательный потенциал относительно точки «о», и ток протекает от «б» через D_2 и нагрузочный резистор R_n к точке «о», а к диоду D_1 приложено обратное напряжение $u_{2 \text{ обр}}$. Таким образом, ток через нагрузочный резистор в течение всего периода переменного напряжения u_2 протекает в одном направлении.

Среднее значение выпрямленного напряжения для двухполупериодной схемы в 2 раза превышает соответствующее напряжение для однополупериодной схемы выпрямления, а ток через диоды вдвое меньше, чем в однополупериодной схеме. Однако, обратное напряжение $u_{2\text{ ОБР}}$ на закрытых диодах при одинаковых значениях напряжения $u_2 = u_2' = u_2''$ в два раза превышает величину обратного напряжения однополупериодного выпрямителя. Величина пульсаций меньше, чем в однополупериодном выпрямителе. Недостатками ее являются необходимость использовать трансформатор с выводом средней точки его вторичной обмотки, большая величина обратного напряжения на диодах.

Широкое применение нашла двухполупериодная мостовая схема выпрямления (рис. 4а). В этой схеме нагрузочное устройство включено в диагональ моста, составленного из диодов $D_1 - D_4$.

Когда точка «а» имеет положительный потенциал относительно «b», ток i_2 проходит через диод D_1 , нагрузочный резистор R_H и диод D_3 . К диодам D_2 и D_4 приложено обратное напряжение $u_{2\text{ ОБР}}$. В следующий полупериод, когда «а» имеет отрицательный потенциал относительно «b», ток i_2'' проходит от обмотки трансформатора через диод D_2 , нагрузочный резистор R_H и диод D_4 . К диодам D_1 и D_3 в это время приложено обратное напряжение $u_{2\text{ ОБР}}$.

Таким образом, ток через R_H в течение периода напряжения u_2 также протекает в одном направлении. Среднее значение выпрямленного напряжения в этой схеме в 2 раза превышает среднее выпрямленное напряжение для однополупериодного выпрямителя.

Временные диаграммы токов и напряжение для двухполупериодного мостового выпрямителя представлены на рис. 4б. Обратное напряжение на диодах вдвое меньше, чем в схеме выпрямителя с выводом средней точки трансформатора: $U_{2m\text{ ОБР}} = \pi U_d / 2$, а величина пульсаций та же.

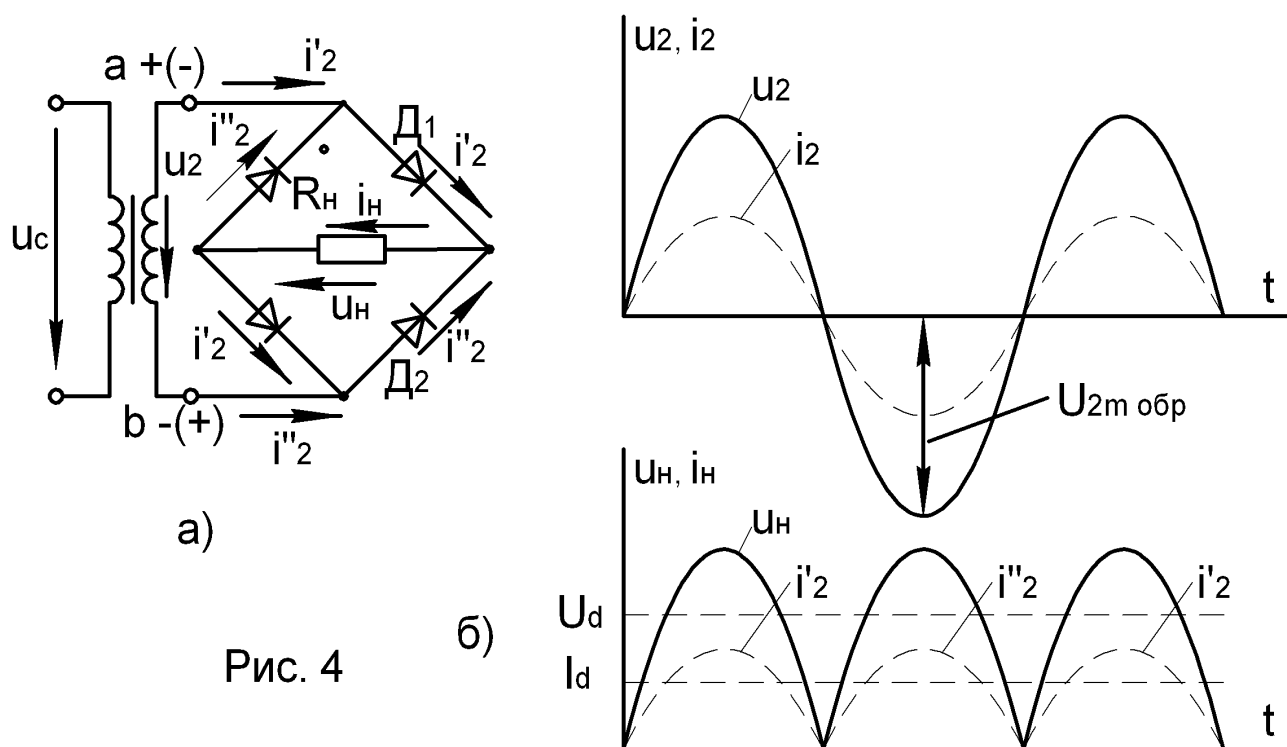


Рис. 4

Сглаживающий фильтр предназначен для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения. Включается сглаживающий фильтр между выпрямителем и нагрузочным устройством R_H .

В качестве элементов сглаживающих фильтров применяются индуктивные катушки и конденсаторы, сопротивление которых зависит от частоты. У индуктивных катушек сопротивление постоянному току мало, а индуктивное сопротивление переменному току увеличивается с ростом частоты. У конденсаторов сопротивление постоянному току равно бесконечности, а емкостное сопротивление переменному току уменьшается с ростом частоты.

Если требуется получить высокий коэффициент сглаживания, то используют сложные сглаживающие фильтры, состоящие из R , L и C элементов.

На рис. 5 представлены два типа применяемых фильтров: а) емкостной; б) П-образный CLC-фильтр; где u_3 - напряжение на выходе выпрямителя без фильтра.

Принцип сглаживания пульсаций с помощью емкостного фильтра заключается в том, что конденсатор C_ϕ накапливает электрическую энергию, заряжаясь при нарастании напряжения u_3 , и отдаёт её, разряжаясь через цепь нагрузочного устройства, при его уменьшении (рис. 6а). При этом важно, чтобы время разряда конденсатора C_ϕ было значительно больше периода T изменения напряжения u_3 . Последнее выполняется тем лучше, чем постоянная времени разряда конденсатора $\tau_{\text{разр}} = R_H C_\phi$ больше периода T изменения напряжения u_3 . Емкостные фильтры нашли широкое применение в маломощных источниках питания, когда сопротивление R_H нагрузочного устройства велико.

Принцип сглаживания с помощью индуктивности состоит в том, что в ней возникает ЭДС самоиндукции, препятствующая изменениям тока в цепи. Таким образом, представляя большое сопротивление для переменного тока, индуктивный элемент уменьшает переменную составляющую тока в нагрузочном устройстве.

На рис. 6 показаны осциллограммы напряжений на активном

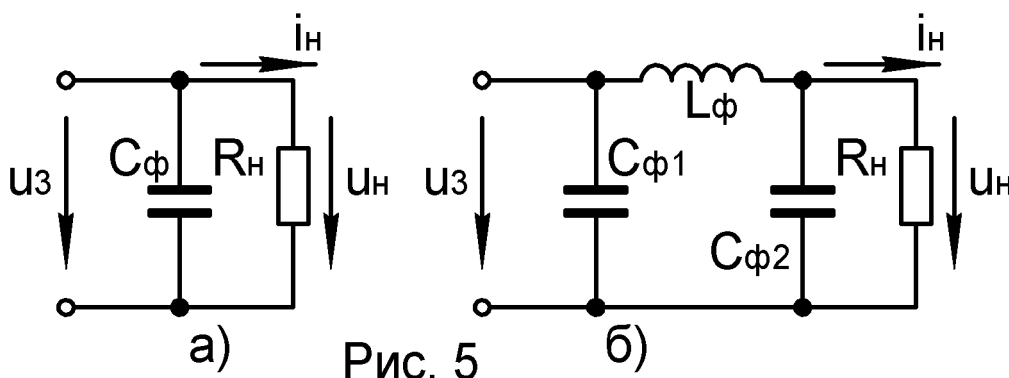


Рис. 5

сопротивлении нагрузочного устройства двухполупериодного выпрямителя при включённом емкостном (рис. 6а) и CLC-фильтрах (рис. 6б).

Внешней характеристикой выпрямителя называется зависимость среднего значения выпрямленного напряжения U_d от среднего значения потребляемого тока I_d в нагрузочном устройстве.

Поскольку реальные трансформаторы, диоды и индуктивности имеют конечные величины внутренних сопротивлений, то с увеличением потребляемого тока I_d напряжение на выходе выпрямителя уменьшается за счёт потерь напряжения в схеме. Наклон внешней характеристики зависит также и от типа фильтра (рис. 7). Выпрямленное напряжение выпрямителя с емкостным или П-образным CLC-фильтрами в режиме холостого хода ($I_d = 0$) равно амплитудному значению выпрямляемого напряжения U_{3m} , до которого заряжается ёмкость фильтра, а выпрямителя без фильтра – среднему значению этого напряжения. Однако, уменьшение выпрямленного напряжения в выпрямителях

Сглаживающее действие фильтров

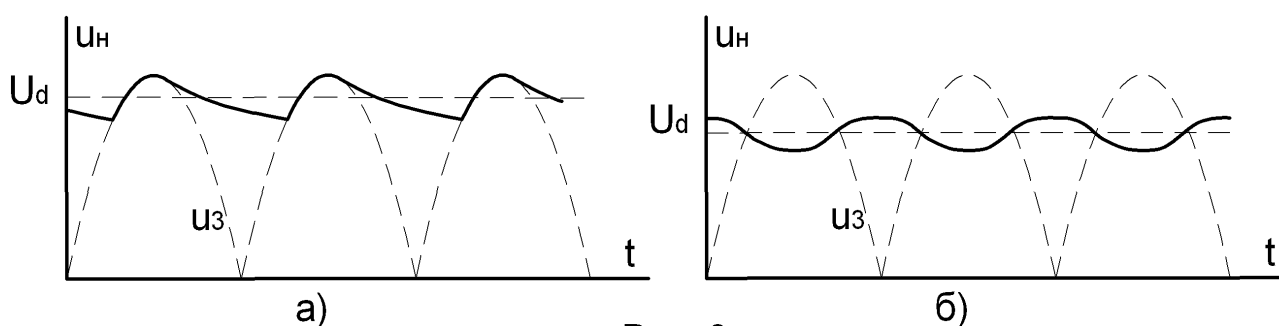


Рис. 6

с фильтрами происходит более резко, чем при отсутствии фильтра.

Это объясняется тем, что с уменьшением сопротивления нагрузочного устройства, вызывающим увеличение потребляемого тока, уменьшается постоянная времени цепи разряда конденсатора фильтра и увеличиваются потери напряжения на собственных активных сопротивлениях индуктивного элемента, что приводит к снижению напряжения на нагрузочном устройстве.

Внешняя характеристика

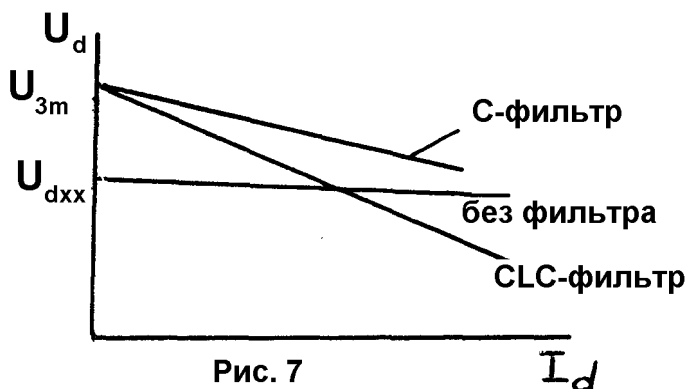


Рис. 7

Описание лабораторного стенда

На передней панели лабораторного стенда размещена электрическая схема исследуемого источника питания (рис. 8) с разъёмами для подключения сменных плат блока выпрямителей (БВ) и блока фильтров (БФ). Комплект сменных плат

блока выпрямителей (рис.9) включает:

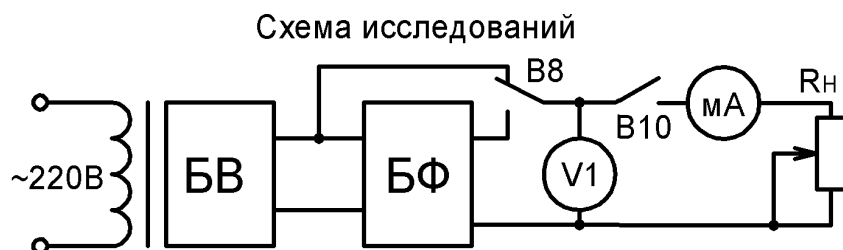


Рис. 8

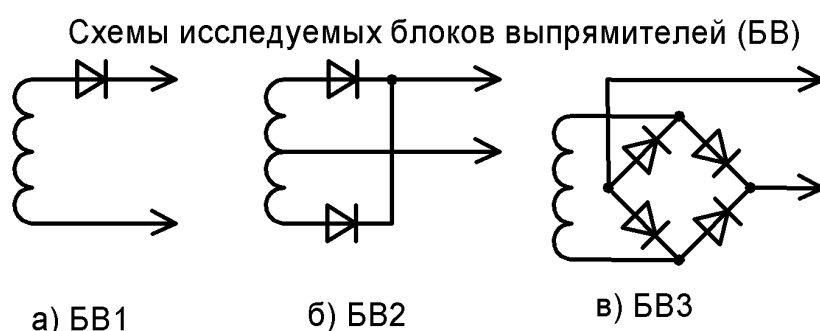
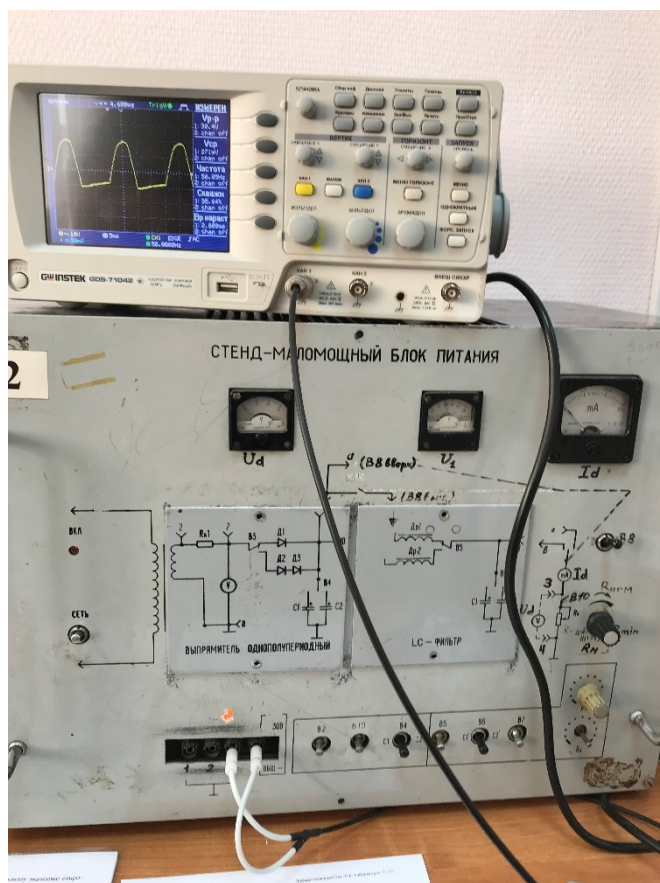


Рис. 9

- плату БВ1 – однополупериодный выпрямитель;
- плату БВ2 – двухполупериодный выпрямитель с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора;
- плату БВ3 – мостовой выпрямитель.



Назначение переключателей и тумблеров.

В8 – предназначен для включения в схему выпрямителя блока фильтров (БФ).

Верхнее положение В8 – блок фильтров БФ отключён из схемы выпрямления.

Нижнее, положение В8 – блок фильтров БФ подключён между выпрямителем и нагрузкой.

В10 – предназначен для включения нагрузки на выходе выпрямителя.

Верхнее положение – нагрузка подключена.

Нижнее положение – режим холостого хода (х.х.).

В4, В6 (на рис. 8 не показаны) – предназначены для изменения величины ёмкости в С или CLC-фильтрах.

Верхнее положение соответствует меньшей ёмкости.

Среднее положение – ёмкость отключается.

Нижнее положение – большая ёмкость.

Потенциометр $R_{\text{н}}$ – регулирует величину нагрузочного сопротивления.

Крайнее левое положение потенциометра соответствует максимальному сопротивлению нагрузки (R_{max}).

Среднее положение соответствует обозначению $R_{\text{ном}}$.

Крайнее правое положение соответствует минимальному значению сопротивления нагрузки (R_{min}).

На **гнезда 3 и 4** выведены концы выпрямительного устройства. К ним подключается осциллограф для исследования формы выходного напряжения.

Вольтметр V1 – вмонтирован в стенде (в левом верхнем углу). Предназначен для измерения выходного напряжения выпрямительного устройства.

Амперметр – вмонтирован в стенде (в правом верхнем углу). Предназначен для измерения тока в нагрузке.

Указание: Для исследования однополупериодной и двухполупериодных схем выпрямителей поочередно вставлять сменные платы выпрямителей БВ1 - БВ3.

При исследовании выпрямителей плату с фильтром БФ1 не менять! Тип исследуемого фильтра и его отключение осуществляется с помощью переключателей В4, В6 и В8.

Питание стенда включается тумблером «сеть».

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со стендом в соответствии с описанием.
2. Подготовить стенд к работе. Установить плату БВ1 в разъем блока выпрямителей и плату ВФ1 в разъем блока фильтров, к гнездам «3» и «4» подключить осциллограф. Переключатели В4, В6 установить в среднее положение (ёмкости отключены), В10 – в нижнее (холостой ход), В8 – в верхнее (фильтр LC отключён) остальные – в нижнее положение.
3. Исследование выпрямителей без фильтра.

а) схема однополупериодного выпрямления исследуется на плате выпрямителя БВ1. Включить питание стенда и осциллограф, получив устойчивое изображение сигнала. Зарисовать на рис. 3а на бланке лабораторных работ осциллограмму выходного напряжения выпрямителя. Вольтметром V1 измерить и записать в журнале величину U_d . Выключить стенд.

б) схема двухполупериодного выпрямления со средней точкой.

Повторить, исследование по п. а), предварительно сменив плату выпрямителя на БВ2 (вместо БВ1), зарисовать осциллограмму выходного напряжения выпрямителя на рис. 3б на бланке лабораторных работ;

в) схема двухполупериодного мостового выпрямления.

Повторить исследование по п.а), сменив плату выпрямителя на БВ3, зарисовать осциллограмму выходного напряжения выпрямителя на рис. 3в на бланке лабораторных работ.

4. Исследование внешних характеристик двухполупериодного мостового выпрямителя.

а) Снять внешнюю характеристику выпрямителя без фильтра.

Для этого оставить плату БВ3. Включить стенд. Измерить значение тока в цепи нагрузки и напряжения на выходе выпрямителя в четырёх режимах:

- в режиме холостого хода (В10 вниз);
- при трёх различных значениях нагрузки (В10 вверх, потенциометр R_n последовательно в трёх положениях: R_{max} , R_{nom} , R_{min}).

Результаты измерений записать в таблицу 1 журнала лабораторных работ.

б) Снять внешнюю характеристику выпрямителя БВ3 с С-фильтром.

Повторить измерения по п. а), предварительно включив ёмкость на выход выпрямителя (переключатель В4 поставить в верхнее положение).

в) Снять внешнюю характеристику выпрямителя БВ3 с CLC-фильтром.

Предварительно включить в схему исследования CLC-фильтр (переключатель В4 оставить в верхнем положении, переключатель В8 установить в нижнее положение, В6 – в верхнее).

Повторить измерения по п. а). Выключить стенд.

5. Исследование формы выходного напряжения мостового выпрямителя без фильтра, с С-фильтром и CLC-фильтром.

Оставить платы БВ3 и БФ1.

Включить стенд.

а) Убедиться, что форма выходного напряжения выпрямителя без фильтра соответствует пунктиру на рис. 4 в бланке лабораторных работ. Положение переключателей: В8, В10 – вверх, В4, В6 – в среднем положении;

б) Зарисовать на рис. 4 бланка (верхняя часть) форму выходного напряжения выпрямителя с С-фильтром в нагрузочном режиме. Положение переключателей: В8 – вверх, В10 – вверх, В4 – вверх, В6 – в среднем положении;

в) Зарисовать на рис. 4 бланка (нижняя часть) форму выходного напряжения выпрямителя с CLC-фильтром в нагрузочном режиме. Положение переключателей: В8 – вниз, В10 – вверх, В4, В6 – вверх.

6. Выключить питание стенда и осциллографа. Разобрать схему.

По данным таблицы 1 на рис. 2 бланка построить внешние характеристики двухполупериодного мостового выпрямителя.

Литература

1. Герасимов В.Г. и др. «Основы промышленной электроники», М.; «Высшая школа», 1986.
2. Забродин Ю.С. «Промышленная электроника» М.; «Высшая школа», 1982.

Контрольные вопросы

1. Назначение выпрямителей. Какими параметрами характеризуются выпрямители?
2. Какие достоинства и недостатки схем выпрямителей: однополупериодного? Двухполупериодного со средней точкой? Мостового?
3. Назначение фильтров. За счёт каких свойств C и L осуществляется сглаживание пульсаций напряжения фильтрами?
4. Внешние характеристики выпрямителей. Почему уменьшается напряжение выпрямителя при увеличении тока потребителя?
5. Выпрямители с какими фильтрами имеют наименьшие пульсации? Почему?

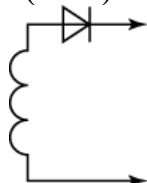
Студент _____ Группа _____ Выполнено _____
 Курс _____ Сдано _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

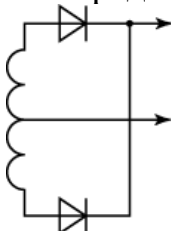


Рис. 1. Схема исследуемых блоков выпрямителей (БВ)

Однополупериодный выпрямитель (БВ1)



Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой (БВ2)



Двухполупериодный мостовой выпрямитель (БВ3)

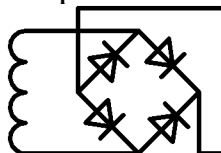
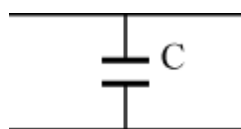
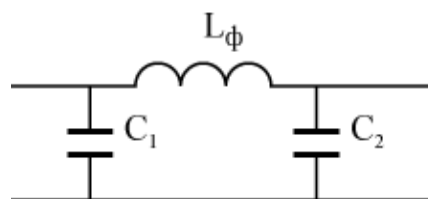


Схема исследуемых блоков фильтров (БФ1)



C – фильтр



CLC – фильтр

ОПЫТ 1

Снятие внешней характеристики двухполупериодного мостового выпрямителя

Таблица 1

Тип фильтра	R_H		х.х.	R_{max}	$R_{ном}$	R_{min}
	I_d	мА				
Без фильтра	I_d	мА				
	U_d	В				
С фильтр	I_d	мА				
	U_d	В				
CLC фильтр	I_d	мА				
	U_d	В				

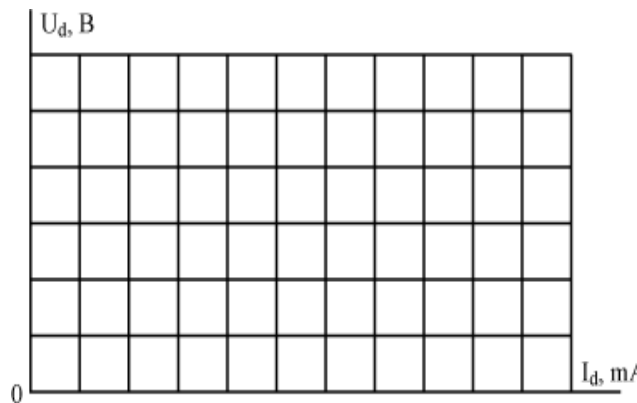
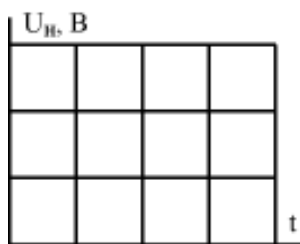


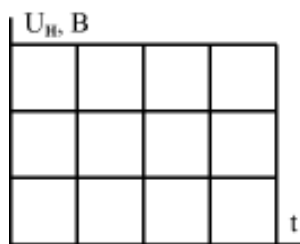
Рис. 2

ОПЫТ 2

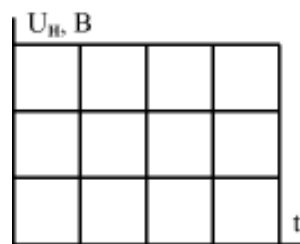
Исследование формы выходного напряжения разных выпрямителей



а) БВ1 $U_d = \underline{\hspace{1cm}}$ В



б) БВ2 $U_d = \underline{\hspace{1cm}}$ В



в) БВ3 $U_d = \underline{\hspace{1cm}}$ В

Рис. 3

ОПЫТ 3

Исследование формы выходного напряжения разных фильтров

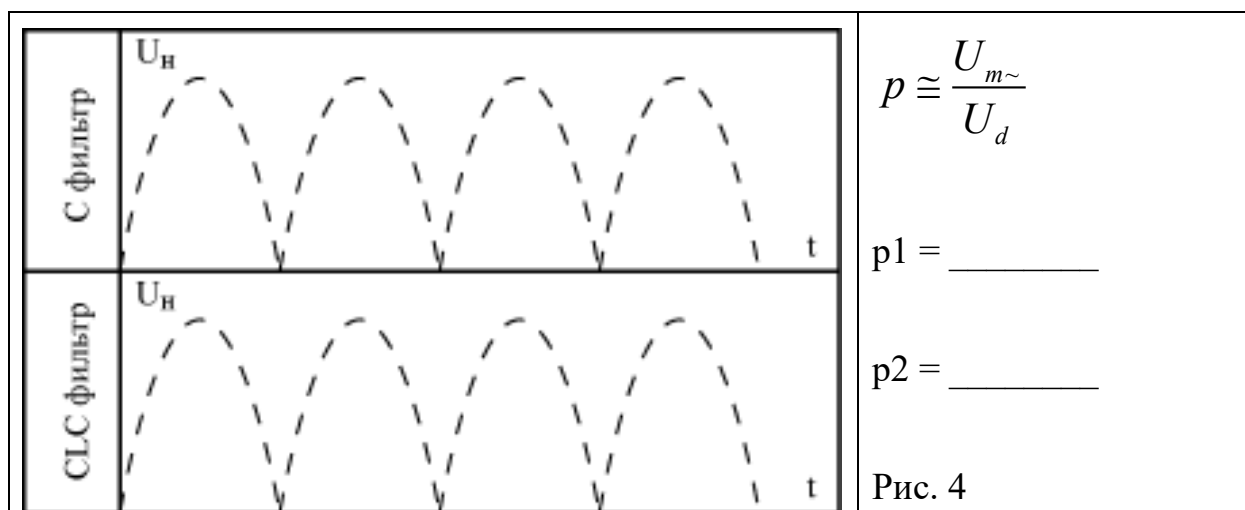


Рис. 4

Выводы по работе:
